الكوازرات.. والطاقة المظلمة.. وعدسات الجاذبية

الكوازرات «أشباه النجوم» Quasars ، هى بعض من أكثر الأجرام الفضائية تألقًا وأشدها طاقة فى الكون المرئى.. وبعد أن ظلت سرًا غامضًا لعشرات السنين، فإن أكثر الفلكيين يعتقدون فى الوقت الحاضر أن الكوازرات هى المراكز اللامعة للمجرات ذات الثقوب السوداء Black Holes الهائلة الكتلة، التى تغذيها بنشاط، وقد تمكّن فريق من العلماء من اكتشاف دليل على احتمال وجود ظاهرة كونية فى قلب تلك المجرات، ويتسبب فى تكوين الكوازرات.

وبدلاً من ثقوب سوداء تسحب أى مادة إلى داخلها، من الممكن وجود أجسام ذات مجالات مغنطيسية مروّعة، تعمل كالمراوح الكونية الجبارة، بحيث «تخضّ» أو «ترجّ» Churning المادة بقوة وتعيدها إلى المجرة.

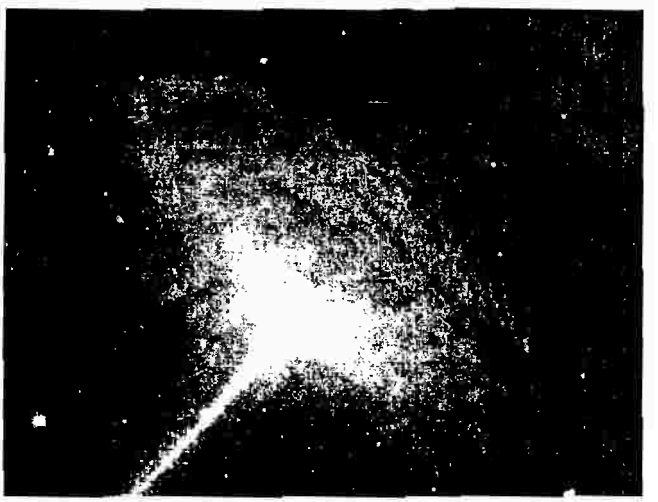
النافورتان.. الكونيتان

فى الكون البعيد تلمع الكوازرات بضياء، لا مثيل له فى أى جرم فضائى موجود فى كوننا. وعلى الرغم من أن

الكوازرات تبدو من خلال التلسكوبات الأرضية والفضائية، كنجوم عادية، إلا أنها فى حقيقة الأمر المراكز المتألقة للمجرات التى تبعد عن كوكب الأرض بآلاف الملايين «بلايين» السنوات الضوئية.

والتصور الحديث للكوازر، أو بتعبير آخر القلب الفائر المضطرب للكوازر، أنه يتكون من قرص ملتحم Accretion Disk آخذ فى النمو، من غاز ساخن يتحرك حلزونيًا داخل الثقب الأسود فائق الكتلة والكثافة، وبعض هذا الغاز الكونى يندفع بقوة إلى الخارج، فى نافورتين متضادتين بسرعة الضوء تقريبًا.

ويعكف الفيزيائيون النظريون حاليًا على محاولة فهم فيزياء تنامى القرص الملتحم ونافورتى الغاز الكونى، بينما يكافح المراقبون والراصدون للنفاذ إلى قلب الكوازر وسبر غوره. والواقع أنه من الصعوبة دراسة «القلب النابض» المركزى الذى يتحكم فى النافورتين، وذلك لأن تلك المنطقة مدمجة للغاية ولا يمكن معرفة تفاصيلها الدقيقة.



درس الفلكيون الكوازر المعروف باسم Q0957+561 الذى يربض على مسافة تسعة بلايين سنة ضوئية تقريبًا من كوكب الأرض، باتجاه كوكبة «الدب الأكبر» Ursa Major . ولهذا الكوازر قلب مركزى مدمج ذو كتلة تبلغ حوالى ٣-٤ بلايين مرة قدر كتلة الشمس. ويعتقد الكثير من الفلكيين أن هذا الجسم المركزى «ثقب أسود»، غير أن الأبحاث الفلكية الحديثة توحى بغير ذلك.

وعلى حد قول أحد علماء الفلك «نحن لا نسمى هذا الجسم ثقبًا أسود، لأننا وجدنا دليلاً على أنه يحتوى على مجال مغنطيسى ثابت بداخله، وينفذ من سطح الجسم المركزى المتقوّض Collapsed ، ويتفاعل مع المادة المحيطة بالكوازر».

سر.. الجسم المركزى المدمج

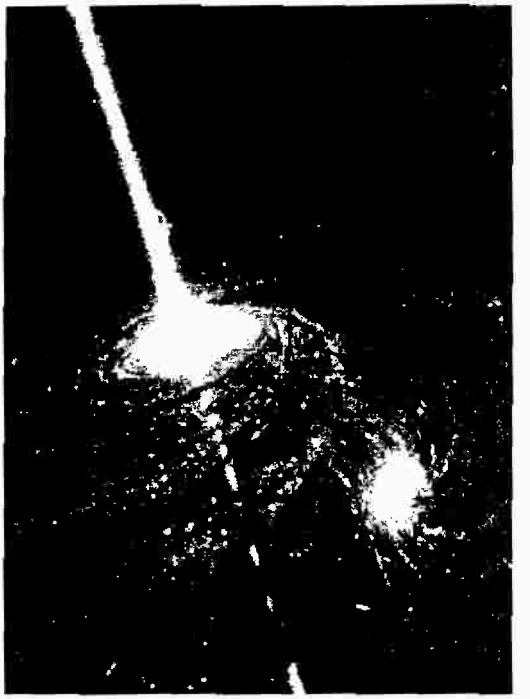
وقد اختار الباحثون الكوازر Q0957+561 لارتباطه بعدسة كونية Cosmic Lens طبيعية، حيث تحنى الفضاء جاذبية مجرة قريبة، مما يؤدى إلى وجود صورتين للكوازر

البعيد مع تضخيم الضوء الصادر منه، كما أن النجوم الموجودة بتلك المجرة القريبة، تؤثر على ضوء الكوازر وتحدث تذبذبات ضئيلة فى لمعانه، وهذه العملية تسمى «التعدس بالغ الصغر» Microlensing، عندما تتحرك النجوم بحيث تصبح على خط البصر بين كوكب الأرض والكوازر. ويؤدى هذا إلى استخلاص تفاصيل عن الكوازر.

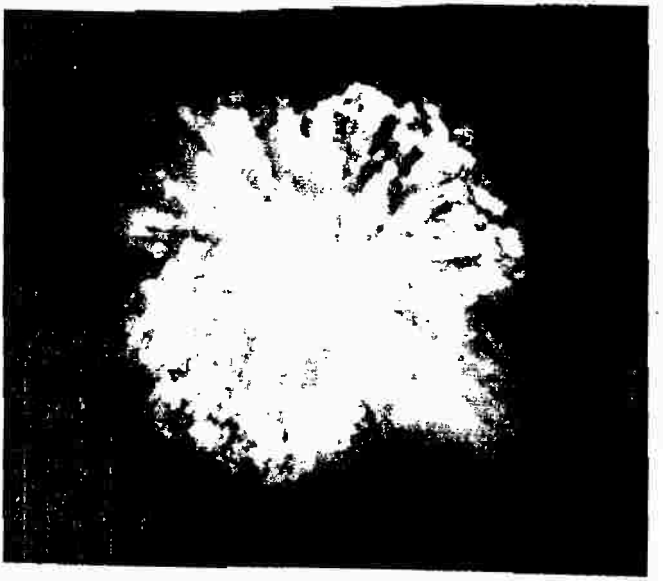
ومن خلال الأرصاد الفلكية الدقيقة، حصل العلماء على معلومات تفصيلية عن قلب الكوازر، وتمكنوا من تحديد مكان تكون النافورتين. إذ وجدوا أن النافورتين تخرجان من منطقتين حجمهما ١٠٠٠ وحدة فلكية فوق قطبى الجسم المركزى المدمج «الوحدة الفلكية هى متوسط المسافة بين كوكب الأرض والشمس، أى حوالى ١٥٠ مليون كيلو متر».

كما اتضح للعلماء أن النافورتين تستمدان طاقتهما من خطوط المجال المغنطيسى التى تحيط بالجسم المدمج الدوّار هائل الكتلة، والموجود داخل الكوازر. إذ من خلال التفاعل مع القرص الملتحم، يمكن لمثل خطوط المجال المغنطيسى

الدوّارة هذه، أن تلتف حول نفسها، ثم تتقارب وتتضاغط أكثر فأكثر، حتى تتحطم وتنفجر بشكل مروع، مطلقة كميات جبارة من الطاقة تغذى النافورتين.

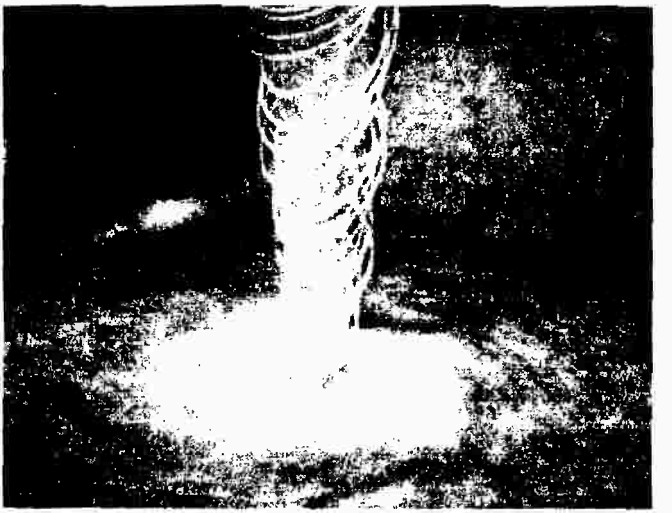


وفى ضوء الملاحظات والأرصاد السابقة، فقد اقترح باحثو الفيزياء الفلكية، نظرية مثيرة للجدل مفادها أن المجال المغنطيسى جوهرى بالنسبة للجسم المدمج المركزى فائق الكتلة للكوازر، وليس مجرد جزء من القرض الملتحم، كما يعتقد معظم الباحثين. وإذا ثبت صحة ذلك، فإن تلك النظرية الحديثة، سوف تغير فكرتنا عن تركيب الكوازرات بشكل ثورى.



ويوحى هذا البحث بأن الجسم المدمج المركزى للكوازر، بالإضافة إلى كتلته وتدويمه، فإنه قد يتسم بخصائص فزيائية، أقرب إلى الجسم الدوار ذى القطبين المغنطيسيين المزاح نحو الجزء الأحمر من الطيف «تأثير دوبلر» منه إلى الثقب الأسود.

ولهذا السبب فإن أكثر المادة المقتربة من الكوازر لا تختفى إلى الأبد، وإنما تتأثر بدلاً من ذلك بالمجالات المغنطيسية الدوّارة التى تشبه المحرك الكونى. ونتيجة لذلك فإنها تندفع إلى الخارج فى شكل لولبى.



وطبقًا لتلك النظرية، فإن الجسم المدمج المركزى ذا الخطوط الجبارة للمجال المغنطيسى، ليس له أفق حدوث Event Horizon، أى أنه ليس ثقبا أسود. ومعنى ذلك أن أى مادة تقترب من هذا المجال المغنطيسى الدوّار، سوف تقل سرعتها تدريجيًا حتى تقف عند سطح الجسم المدمج المركزى ثم تطلقها خطوط المجال المغنطيسى إلى الخارج.

الطاقة المظلمة.. وعدسات الجاذبية

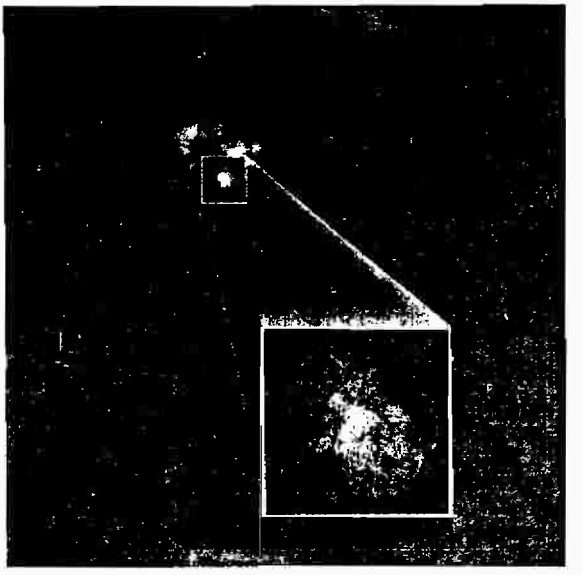
أدت أرصاد الكوازرات التى تربض عند حافة الكون، إلى ثبوت دليل جديد على أن الكون يشتمل أساسًا على طاقة مظلمة Dark Energy . وتشير الأبحاث إلى أن حوالى ثلثى الكون، عبارة عن طاقة مظلمة غير مرئية، وهى عبارة عن قوة «مضادة للجاذبية» Anti-gravity ، تؤثر على الأجرام الفضائية البعيدة عنا. وتتسق تلك النتيجة مع نتائج الدراسات السابقة، مثل تلك التى أجريت على المستعرات العظمى «السوبر نوفات» Supernovae التى تبعد بملايين السنوات الضوئية عنا.

ويدل ذلك على أن الكون يتمدد بمعدل متزايد، لأن المستعرات العظمى المتفجرة فائقة الضياء، تبدو أقل وضوحًا عما هو متوقع لها، لو كان الكون خاليًا من الطاقة المظلمة.

كما وجد الباحثون أن بعض الكوازرات تتشوه صورته، بسبب وجود أجسام هائلة الكتلة غير مرئية، تعترض طريق الضوء الصادر منها، وتعمل كعدسة جاذبية Gravitational Lens. أى أن الابتعاثات الراديوية Radio Emissions من تلك الكوازارات «تنحنى» حول تلك الأجسام هائلة الكتلة، بسبب جاذبيتها المروّعة، ويترتب على ذلك وجود صورتين أو أكثر للكوازر، بتأثير تلك الأجسام التى تكون فى مجموعها «طاقة الكون المظلمة».

ثم حسب الباحثون عدد الكوازرات المتأثرة بعدسات الجاذبية، واتضح أنها تبلغ تقريبًا ضعف العدد المتوقع لها، لو لم تكن هناك طاقة مظلمة خفية فى الكون على الإطلاق.

ويؤكد هؤلاء الباحثون أنه لابد أن تشغل هذه الطاقة المظلمة، حوالى ثلثى الكون، لكى يمكن تفسير العدد من الكوازرات المتأثرة بعدسات الجاذبية والتى تم رصده حديثًا. ولكن الأمر يحتاج إلى المزيد من الدراسات الفلكية بواسطة التلسكوبات الأرضية والفضائية الموجودة حاليًا، وكذلك المستقبلية.



النعش الكونى.. الأبيض

تتعدد النظريات التى تبحث فى «ميلاد» النجوم، فالبعض منها يقول بأن النجم ينشأ نتيجة دوامات فى السحابة الكونية الأولى فى جيوب ذات كثافة عالية، تبدأ فى التقلص حول واحد أو أكثر من مراكز جاذبيتها. وعندما يتقلص نجم فى دور التكوين فإنه يكتسب دورانًا محسوسًا، وترتفع درجة حرارته بتولد طاقة الجاذبية، وتنشأ هذه الحرارة كنتيجة لتصادم الذرات الهاوية نحو مركز الجذب، بعضها ببعض. ولا تكون عملية الالتحام النووى للذرات المنفردة فى بادئ الأمر كثيرة الحدوث، ومن ثم فإن الطاقة التى تطلقها تكون قليلة، ولكن استمرار النجم فى الانكماش تحت ثقل طبقاته الخارجية المتراكمة، يجعل ذرات «القلب» تنضغط فى بعضها بعضًا فتلتحم أكثر فأكثر، أما المادة التى لم تندمج فى النجم فتظل خارجة عنه، على شكل سحابة رقيقة على بعد معين منه وتستعين نظرية حديثة عن ميلاد النجوم، بما يسمى تأثير

القوى المغنطيسية، داخل السحابة الكونية الأولى. ويتم تأثير خطوط هذه القوى المغنطيسية، بفعل الأشعة الكونية، التى هى عبارة عن جسيمات عالية الطاقة، وتسير بسرعة تقارب سرعة الضوء، ولذلك فهى تستمد من كتلتها وسرعتها الهائلة قوة دفع هائلة. وتتمكن الأعداد الكبيرة من جسيمات الأشعة الكونية السابحة فى الفضاء، من التأثير فى خطوط القوى المغنطيسية الموجودة فى مادة ما بين النجوم، بحيث تأخذ هذه القوى شكل «أودية» عميقة، ومن ثم يحدث تخزين للجسيمات الذرية الأولى، التى تسبح على طول الخطوط المغنطيسية فى الأودية، وسيأتى الوقت الذى تتجمع فيه جسيمات بأعداد هائلة فى الوادى، وتكون قريبة من بعضها البعض، لدرجة تمكنها من بداية الانكماش الذى يؤدى إلى بداية ميلاد نجم أولى.

إن معظم الغاز الذى يدخل فى تكوين النجوم هو «الهيدروجين» مخلوطًا بكمية صغيرة من الهليوم وشوائب بسيطة من العناصر الأكثر ثقلاً، ويتخلل الغاز فى بعض الغبار

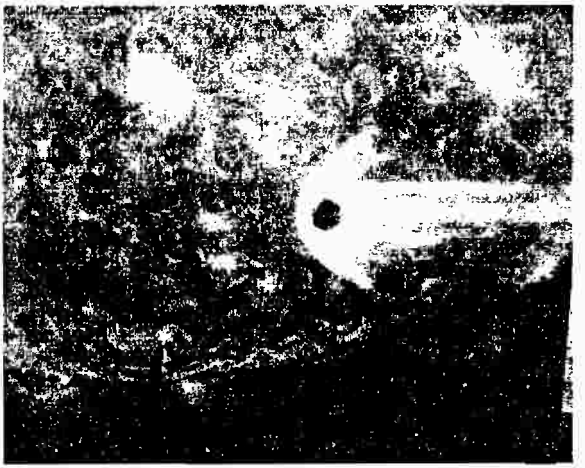
الكونى، والمكوّن من تجمعات دقيقة من الكربون والنشادر (أمونيا) والميثان فى درجة التجمد. ويستمر النجم الناشئ فى التقلص وازدياد الضغط داخله، حتى تبلغ درجة حرارته الداخلية حوالى نصف مليون درجة مئوية، وهنا يبدأ تفاعل «الدوتيريوم» Deuterium.

و«الدوتيريوم» أحد نظائر غاز الهيدروجين، فبينما تتكون ذرة الهيدروجين من إلكترون واحد وبروتون واحد فقط، تتكون ذرة الدوتيريوم من إلكترون واحد وبروتون ونيوترون. فإذا ما احتوى الغاز الذى دخل فى تكوين النجم الناشئ على كمية كافية من الدوتيريوم، فإنه يمكن لذراته أن تبدأ فى اجتذاب جسيمات ذرية أخرى، ويعمل هذا التفاعل على تحرير بعض الطاقة، ومن ثم إلى زيادة درجة الحرارة الداخلية للنجم الناشئ حتى تصل إلى حوالى عشرة ملايين درجة مئوية. وهنا يبدأ تفاعل البروتون - بروتون (تمامًا كما يحدث داخل شمسنا). وبحدوث ذلك التفاعل النووى، يكون الناشئ قد أصبح «بالغًا» ويبدأ فى الاستقرار ويتحرك إلى خط «التتابع الرئيسى» ويظل عند هذا الخط معظم حياته.

العملاق الأحمر.. الجبار

ويستمر هذا الاستقرار النسبى، حتى يتم استهلاك حوالى عشرة فى المائة من الهيدروجين الموجود بداخل النجم

البالغ، وهنا يمكن القول بأن النجم قد استهلك جزءًا حرجًا من كتلته فى الاندماج النووى الحرارى. عند هذا الحد يبدأ القلب فى الانكماش، حيث لا يوجد أى مصدر للطاقة نتيجة تراكم رماد الهليوم – ناتج التفاعل النووى الحرارى – عند القلب. ونتيجة لهذا الانكماش، تتحرر طاقة جديدة تدفع المناطق الخارجية للنجم، وتضطرها إلى التمرد تحت تأثير الإشعاع المتزايد من الداخل، وبانطلاق الطاقة التى سببها الانكماش، يزداد قلب النجم حرارة بينما تبرد مناطق السطح.

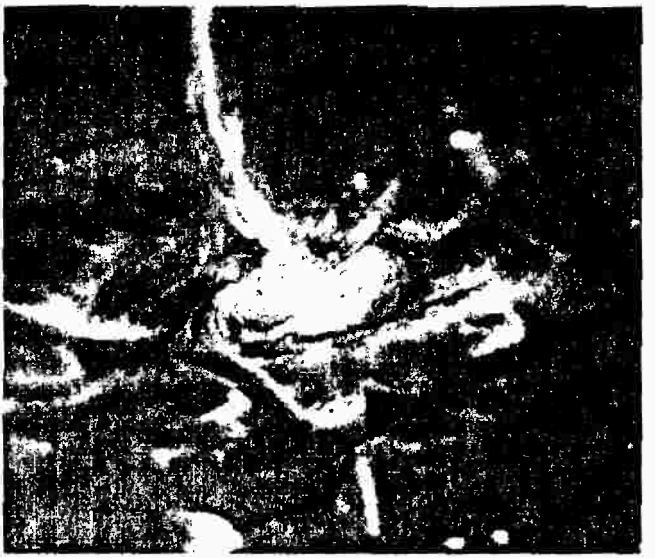


وكنتيجة لهذا يصبح النجم أكبر حجمًا وأكثر برودة فى الخارج، ويأخذ لونه فى الإحمرار، وفى هذه الحالة يكون قد وصل إلى مرحلة فى تطور النجوم، يطلق عليها «العمالقة الحمر» Red Giants.

وفى مرحلة العمالقة الحمر، تنخفض درجة حرارة سطح النجم إلى أقل من النصف الذى كانت عليه، عندما كان النجم فى خط التتابع الرئيسى. ويبدأ النجم فى «الانتفاخ» إلى مئات أمثال حجمه الذى كان عليه فى مرحلة التتابع الرئيسى. ويحاول دائمًا العملاق الأحمر، أن يعيد التوازن إلى كتلته ومن ثم يتقلص قلبه، فتزداد درجة حرارته إلى حد كبير، مما يؤدى إلى حدوث تفاعل نووى آخر، حيث يتحول رماد الهليوم إلى كربون، وبازدياد درجة الحرارة تحدث تفاعلات نووية أخرى، وتنشأ عناصر أكثر ثقلاً.

وبسبب عدم الاستقرار فى التركيب الداخلى للجسم، يأخذ النجم فى التقلص والخفوت، ثم يبدأ فى فقد كتلته. ولو

أن درجة الحرارة ارتفعت فى قلب النجم إلى حد معين، فإنه من الممكن أن يفقد كتلة أكبر، خلال ما يعتريه من انفجارات صغيرة نسبيًا «نوفا» أو ربما يفقد النجم كمية كبيرة جدًا من كتلته خلال انفجار هائل واحد «سوبر نوفا» Supernova ، فيضئ مثل مجرة بأسرها!



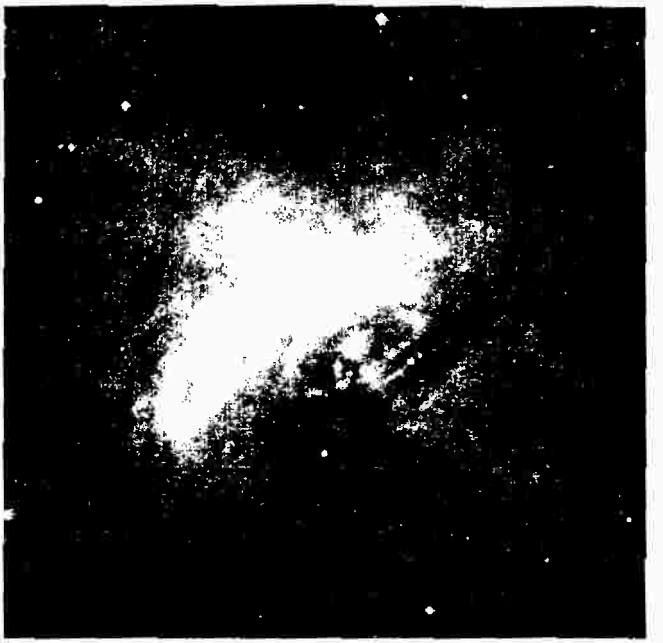
وقد تتساءل: كيف يتطور النجم فى نهاية مرحلة العملاقة الحمر؟ تسألنى فأجيبك. إن الجاذبية تؤثر فى قلب النجم فيتقلص، وقد يتأجل التقلص مؤقتًا إذا كان التفاعل النووى داخل النجم قادرًا على إمداد مركز النجم بالطاقة، بحيث يبقيه متأججًا بدرجة كافية للإبقاء على ثقل الغلاف الخاص بالنجم. وعلى الرغم من هذا فبمجرد انتهاء «الوقود» الذى ينتج الطاقة، يبدأ مركز النجم فى التقلص ويستمر تطور النجم إلى نهايته المحتومة.. حيث يدفن داخل «نعش أبيض».

القزم الأبيض.. والأسود

إن النجوم – بعد حياة دامت لملايين وربما لبلايين السنين – تبدأ الدخول فى مرحلة الشيخوخة، ثم الاحتضار فمرحلة الموت، وقد تختار لها نعشًا أبيض فتموت فيما يعرف بالأقزام البيضاء White Dwarfs.

لقد تركنا العملاق الأحمر وقلبه مايزال يتأثر بالجاذبية، فيزداد التقلص فيه ولكنه يتوقف من وقت لآخر، ليسمح بحدوث تفاعل نووى فى مركزه. ولكن هل يستمر أثر

الجاذبية منتجًا التقلص، هكذا بشكل دائم وبلا نهاية؟ إن قصة حياة النجم كلها تتلخص فى صراع بين الجاذبية – التى تعمل على تقليصه – وبين القوة النووية، التى هى عامل على تمدده، وعندما يصل النجم إلى نهاية حياته، بعد مرحلة العمالقة الحمر فإن القوى الحرارية تخسر المعركة فى نهاية الأمر مع الجاذبية.



أما الطاقة اللازمة للاحتفاظ بالحرارة فقد فُقدت فى الفضاء، بينما كان النجم متأججًا فى فترة «شبابه». وبمجرد انتهاء الوقود، فإن قلب النجم يبرد إلى الحد الذى تختفى فيه أهمية الضغط الحرارى. وتصبح الغلبة شيئًا فشيئًا للجاذبية، فيتقلص النجم حتى تصبح دقائقه متلاصقة تقريبًا. وهكذا لم يعد هناك مجال لأى تفاعل نووى، بعد أن أصبح النجم نعشًا أبيض، للعناصر الثقيلة التى كونها النجم فى مركزه. عندما انتهى رصيد الهيدروجين، والذى كان يكوّن معظم مادته منذ اللحظات الأولى لميلاده. وعندما يصل النجم إلى مرحلة القزم الأبيض يتوقف عن توليد الطاقة، ذلك أنه لم يعد يحتوى على «وقود» كاف. ويبدأ النجم - الذى دخل مرحلة «الشيخوخة» - فى عملية تبريد طويلة وبطيئة يشع فيها طاقته الضئيلة بتقتير شديد فى الفضاء.

إن التركيب الذرى المألوف يتحطم فى القزم الأبيض، فالإلكترونات قد أُرغمت على الخروج من مستويات طاقتها

العادية، وانضغطت كل الذرة بحيث اقتربت إلكتروناتها من نواتها. وانعصر فراغ الذرة، وتكدست الجسيمات الذرية الأولية فى حيز ضيق كثيف. مثل هذه الذرات تسمى «مادة محايدة» Neutral حيث انضغطت فيها النوى والإلكترونات بالقرب من بعضها البعض، لدرجة أنها فقدت كثيرًا من حرية حركتها، ولم تعد للمادة خصائص الغاز، ويصبح القزم الأبيض متطرفًا فى كبر كثافته.

ولكن ما الذى يمنع القزم الأبيض، من مزيد من التقلص؟ تسألنى فأجيبك: إن قلب القزم الأبيض يمارس ضغطًا – ليس له علاقة بالطاقة الحرارية – يطلق عليه «الضغط التحللى» Degeneracy Pressure وقد جاءت التسمية من حالة التحلل التى تصيب الإلكترونات، عندما تكون المادة فى حالة كثافة شديدة، وهى لا تنشأ عن الطاقة الحرارية، ولكن فقط بسبب تلك الكثافة الهائلة التى تحدث للمادة.

إن الضغط التحللى إذن هو الذى يمنع القزم الأبيض من مزيد من التقلص، وهو الذى يحافظ على القزم الأبيض، وذلك بتمكين مادته من مقاومة أى انكماش بتأثير الجاذبية. وحيث أن الضغط التحللى مستقل تمامًا عن الطاقة الحرارية، فإن القزم الأبيض – إذًا انخفضت درجة حرارته – سيظل محتفظًا بنفس حجمه. وفى نهاية الأمر سيتحول إلى قزم أسود Black Dwarf، مجرد جسم خامد فى الفضاء أو «جثة نجم». إن القزم الأبيض أو «النعش الأبيض.. الكونى»، سوف يكون فى بؤرة الأبحاث الفلكية المستقبلية، للتعرف على تلك المرحلة من «شيخوخة» النجوم، بشكل أكثر دقة.

الاصطدام.. مع ثقب أسود

إذا كانت الثقوب السوداء تبدو ثابتة ساكنة عندما تكون بعيدة جدًا عنا، فإنها سرعان ما تنبذ جمودها عند اقترابنا منها، ونجد أنها تلتهم كل شيء يدنو منها. حقا أن الثقوب السوداء رفات نجوم مكدسة منهارة، ولكنها أصبحت – حتى بعد الموت – مصيدة فى الفضاء لرفات نجوم أخرى. إن الثقب الأسود الهائل الذى فى مركز مجرتنا «الطريق اللبنى» يقيم وليمة يلتهم فيها النجوم التى تتكاثف فى قلب المجرة.

وحش.. فى الفضاء

إن احتمال تعرض الشمس، وحتى كوكب الأرض، لمصير الالتهام بواسطة ثقب أسود، هو احتمال بالغ الضآلة ذلك أن تعرضنا لمثل هذا المصير – بالوقوف مباشرة فى طريق ثقب أسود فى الكون – هو كاحتمال صدامنا مع نجم صغير متجول بالقرب من مجرتنا. ومع هذا يرى بعض علماء الفلك

أن فرصة صدامنا مع أحد الثقوب السوداء قد تحدث، وعندها لابد من حدوث بعض الظواهر العنيفة كدلائل مثل الزلازل المدمرة والانفجارات المروعة وتصدع الأرض وهذه هى التى تنذرنا بقرب هذا الخطر الكونى الداهم.

وقد تكون حولنا – فى مجرتنا «الطريق اللبنى» – ثقوب سوداء أكثر مما ندرك. إن البشرية لم تحفل بهذا الخطر من قبل ولكن يجب علينا الآن أن ندرس بإمعان، إمكان حدوث اصطدام مع ثقب أسود كما حدث فى عام ١٩٠٨م فى «تانجوسكا» بسيبريا «روسيا». حيث يرى بعض علماء الفلك أنه فى ذلك التاريخ اخترق ثقب أسود دقيق جدًا الكرة الأرضية فى ذلك الموضع محدثا انفجارا مروعا ثم عاد إلى الفضاء مرة أخرى، فما الذى حدث فى «تانجوسكا»؟

إن العلماء حتى الآن مازالوا حائرين أمام ما حدث فى «تانجوسكا» Tunguska بالمستنقعات المنعزلة فى شمال سيبريا الساعة السابعة والنصف من صباح يوم ٣٠ يونيو عام ١٩٠٨. ففى هذا اليوم سمع الأهالى – فى نطاق مساحة يبلغ قطرها حوالى ١٢٨٠ كيلو مترًا – صوت انفجار مروّع اقتلع الأشجار وحوّلها إلى فحم، وأزال الغابات من مناطق شاسعة وقضى على حيوانات الأيائل فى تلك المساحة. وقد قدرت قوة هذا الانفجار الجبار بحوالى عشرين قنبلة هيدروجينية!

وقال الأهالى بأنهم شاهدوا شيئًا لامعًا أزرق اللون يتحرك فوق رءوسهم من الجنوب الشرقى وكان يتساقط منه الشرر ويخلف وراءه ذيلاً من الدخان.

وعرف الجميع أن حادثا ما قد وقع فى الشمال، ولكن أحدًا من الناس لم يستطع اختراق المستنقعات الوعرة ليعرف حقيقة ما حدث. وبعد تسعة عشر عامًا ذهبت أول بعثة علمية لمحاولة التعرف على أسباب هذا الانفجار الذى روّع المنطقة كلها. وقد تعجب علماء البعثة عندما لم يجدوا فوهة كبيرة

مكان الانفجار إذن فسبب التدمير لم يكن نيزكا Meteorite كما كان يُعتقد من قبل!

وقد وجدت هذه البعثة عددًا كبيرًا من الحفر الصغيرة الملأى بالماء فى منطقة الانفجار كلها، ولكن الدراسة الممعنة فى الدقة دلت على أنها لم تكن فوهات نيزكية، وإنما تشكيلات طبيعية نشأت عن تحركات الجليد الدائم تحت السطح، ولا أثر لأية بقايا من النيزك. وثارت المناقشات طويلاً بين علماء الفلك حول ما حدث فى «تانجوسكا» وكان هناك رأى يقول إن السبب يرجع إلى اصطدام نيزك هائل بالأرض أحدث كل هذا الدمار وسبّب الانفجار.

ثقب أسود.. يخترق كوكب الأرض

إن آخر نظرية تحاول تفسير ما حدث فى «تانجوسكا» هو ما كتبه العالمان الفلكيان الأمريكيان «جاكسون» و«ريان» من جامعة تكساس بالولايات المتحدة فى مقال بمجلة «نيتشر» فى شهر سبتمبر عام ١٩٧٣.

فقد أوضح العالمان أن سبب الانفجار المروّع هو اصطدام الأرض بثقب أسود غاية فى الصغر قدرا نصف قطره بحوالى واحد من مليون من السنتيمتر، وله قوة جاذبية هائلة التأثير، وعندما اقترب من الكرة الأرضية بسرعة أكبر من سرعة الإفلات منها Escape Velocity «أى السرعة اللازمة للإفلات من جاذبية الأرض» اصطدم بها ثم اخترقها واختفى مرة أخرى فى الفضاء.

وقد تسبب مرور هذا الثقب الأسود الدقيق فى جو كوكب الأرض، إلى حدوث هذا الانفجار وظهور اللون الأزرق المتألق أثناء اندفاعه من الفضاء إلى الأرض. وعاد العالمان ليؤكدا بأن الثقب الأسود قد عاد مرة أخرى منطلقا من أسفل شمال المحيط الأطلنطى عند خط عرض ٤٠-٥٠ شمالا وخط طول ٣٠-٤٠ غربا، وفى هذه المنطقة لابد أنه قد حدثت هزات أرضية واضطرابات شديدة فى المحيط.

وعلى الرغم من أن احتمال اصطدام كوكب الأرض

بثقب أسود هو احتمال يكاد أن يكون مستحيلاً، إلا أن تفسير حادث «تانجوسكا» بتأثير ثقب أسود صغيرجدًا يبدو أمرًا مثيرًا ولنفرض جدلا أن هذا هو ما حدث فعلاً فما الذى كان يمكن أن يحدث لو كان الثقب الأسود قد اندفع إلى الأرض بسرعة أقل من سرعة الإفلات؟ تسألنى فأجيبك: حدوث كارثة مروعة، فبعد اصطدام الثقب الأسود بسطح الكرة الأرضية لن يخترقها إلى الفضاء مرة أخرى، بل سوف يستقر فى باطنها ويأخذ فى التهام المواد من حوله مستخدما جاذبيته الجبارة على الرغم من ضآلة حجمه.

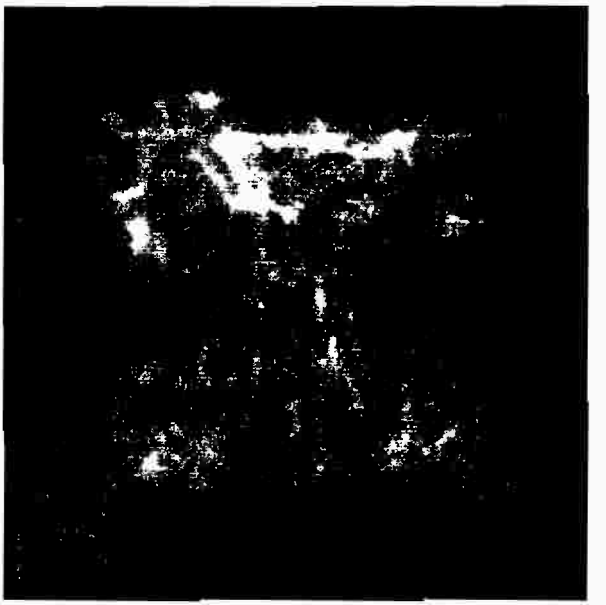
وسيتم التهام كوكب الأرض فى وقت طويل، وذلك لصغر حجم الثقب الأسود، ولكن قوته فى الابتلاع ستزداد كلما كبر حجمه. أى أنه إذا استقر ثقب أسود فى مركز كرتنا الأرضية، فاختفاء كوكبنا أمر لا يمكن تلافيه مهما حدث من تقدم علمى وتكنولوجى فى المستقبل.

تحول مجرة إلى ثقب أسود

يقول بعض علماء الفلك بأنه لو لم تكن مجرتنا «الطريق اللبنى» تدور، لتحولت منذ زمن بعيد إلى ثقب أسود هائل. ولم ينقذنا من هذا المصير، إلا مدارات النجوم فى المجرة مما

يوازن قوة الجاذبية مع مركزها ولكن احتمال تكوّن ثقوب سوداء من مجرات كاملة منهارة، هو احتمال وارد ومن ناحية أخرى تنبأ عالم شهير «ستيفن هوكنج» من جامعة كمبردج بإمكان وجود ثقب أسود صغير جدّ، وأوضح أيضًا بأن كلا من الكثافة وتيارات الجاذبية تزداد مع صغر حجم الثقب الأسود.

وناقش العلماء أيضًا الرأى القائل بأن هناك ثقبًا أسود هائلاً فى مركز مجرتنا، تبلغ كتلته بين عشرة آلاف ومائة مليون مثل كتلة الشمس. إذ اتضح وجود مصدر للطاقة فى هذه المنطقة على شكل نبضات راديوية وأشعة تحت الحمراء Infrared Radiation .



إن علماء الفلك يعتمدون على النبضات الراديوية والأشعة تحت الحمراء، لإعطائهم فكرة عما يوجد فى مركز مجرتنا. وقد قال بعض العلماء بأن الموجات تحت الحمراء «الموجات الحرارية»، تصدر من سحابة هائلة من الغبار الكونى ولكن هذا لا يعد مصدرًا للطاقة. إذ لابد من عامل يرفع درجة الحرارة فى هذا الغبار الكونى، حتى يكون قادرًا على إصدار الموجات تحت الحمراء ويرجح العلماء بأن هناك ثقبًا أسود هائلاً فى مركز مجرتنا.

وقد يبدو انهيار مجرات بأكملها داخل ثقوب سوداء مجرد خيال جامح، ولكن هناك دلائل على وجود مواد بكميات هائلة غير مرئية فى عناقيد المجرات Clusters of Galaxies. ويتخلل حشود المجرات هذه مادة خفيّة تكوّن معظم الكون، عبارة عن غازات وغبار كونى ومواد أخرى مجهولة وهى التى يطلق عليها «المادة المظلمة» Dark Matter. وهناك احتمال أن تكون هذه المادة المظلمة مكونة من ثقوب سوداء كبيرة وصغيرة ومنها تتشكل النسبة الكبرى فى هذا الكون.

إن البحث عن الثقوب السوداء ليس كاملاً بأى حال من الأحوال، بل هناك حاجة ماسة إلى أبحاث فلكية كثيرة تقوم على المشاهدات والرصد والأبحاث الرياضية والفيزيائية الكونية النظرية، لكى تتضح معالم هذا اللغز الكونى الغامض.

النجم النيوترونى.. لغز كونى!

اكتشف علماء الفلك مصادر قوية لإشعاعات جاما فى أعماق الكون، أطلقوا عليها «متدفقات» بسبب كثافة إشعاعات جاما التى تنطلق منها. وتوالت الاكتشافات المثيرة إذ اتضح أن هذه المتدفقات لإشعاعات جاما هى نجوم نيوترونية Neutron Stars أى نجوم نابضة Pulsars فما هى النجوم النيوترونية والنجوم النابضة، وكيف تصدر عنها إشعاعات جاما؟

حجم ضئيل.. وكثافة مروعة

فى الظروف العادية يمكن أن يتفكك النيوترون (متعادل الشحنة) إلى بروتون (موجب الشحنة) وإلكترون (سالب الشحنة)، ولكن تحت ظروف قوى الجاذبية المروّعة التى تعترى النجم فى مرحلة «السوبر نوفا»، فإن تقلص المادة الشديد فى حجم غاية فى الصغر النسبى الذى يقرّب ما بين الذرات، واندفاع الكتل الهائلة إلى قلب النجم بسرعة جنونية

لتسحق مادتها، يؤدى هذا إلى أن الإلكترونات تقترب من نواتها لتدور ملاصقة لها، ثم تتولد لها طاقة إضافية عالية نتيجة اقترابها من النواة تتيح لها التفاعل مع البروتونات المكونة للنواة.

كما يؤدى الالتحام مع البروتونات (التى تسكن النواة) إلى تعادل شحنة الإلكترونات السالبة، مع الشحنة الموجبة للبروتونات. وبهذا تتحول إلى نيوترونات متعادلة الشحنة، أى أن هذا التفاعل أدى إلى تخليق النيوترون واختفاء الإلكترون. ينتج عن هذا التحول نقص مفاجئ فى التركيب الذرى (حيث كان يتكون من قبل من بروتون وإلكترون) وبهذا الانخفاض تعمل الجاذبية على تقليص المادة أكثر وهكذا ينشأ النجم النيوترونى، مكونا كله تقريبًا من نيوترونات. وكنتيجة لهذه الانكماشات واختفاء الفراغات الذرية، يتقلص حجم النجم الهائل إلى أن يبلغ قطره حوالى عشرة كيلو مترات فقط، ومع هذا يحتوى على مادة هائلة، وهكذا يزن السنتيمتر المكعب من مادة النجم النيوترونى حوالى مائة مليون طن!

سجن.. فوتونات الضوء

بزيادة جاذبية النجم النيوترونى لا تستطيع حتى فوتونات الضوء الإفلات من قبضة الجاذبية، بالرغم من أن

فوتونات الضوء تتأثر عادة قليلاً بالجاذبية، لكن زيادة الجاذبية الجبارة فى نجم نيوترونى يمنع الفوتونات من الإفلات. وهكذا تنحنى الفوتونات فى مدارات حول النجم النيوترونى فى شكل طبقة سحابية خافتة. والنجم النيوترونى الميت – رغم كثافته وثقله الهائلين – ليس إلا حالة من الحالات العديدة التى تنتهى بها حياة النجوم، بعد حياة حافلة بالنشاط امتدت لملايين السنين. من الناحية النظرية يمكن أن ينتج نجم نيوترونى من إنهيار كتلة النجم الذى يفوق كتلة الشمس بكثير. وينشأ النجم النيوترونى عندما تقلص قوى الجاذبية المادة فى حجم صغير للغاية، لدرجة أن الإلكترونات تستطيع أن تدور ملاصقة لنواتها دون أن يفصلها فراغ، وذلك للتقارب الشديد بين الذرات.

وتوضح نظرية حديثة، أن الإلكترونات تحصل فى مثل هذا التقارب، على طاقة إضافية وأن طاقتها تصبح عند نقطة معينة عالية جدًا، بدرجة تجعلها تتفاعل مع البروتونات فى

النـــواة، مكـــونة النيوترونات التى تكـــوّن معظـــم النجم النيوترونى، ومنها اشتق اسمه.

دوران سريع.. مذهل

والنجم النيوترونى فى حالة دوران سريع حول نفسه، بشكل مذهل، إذ يعتقد علماء الفلك أن معدل دورانه يبلغ حوالى مائتى مرة فى الثانية الواحدة وربما أكثر، دون أن يتفتت فى الفضاء.

ومعدل الدوران الهائل هذا، والكثافة المروّعة التى لا يمكن تصورها والمجالات المغنطيسية الجبارة التى تحيط بالنجم النيوترونى بسبب هذه الكثافة، والطبقات «الجوية» الغريبة التى تغلفه، كلها تجعل من الصعب على علماء الفلك تخيل شكل النجم النيوترونى!

منذ عدة سنوات، يحاول علماء الفيزياء الفلكية كشف أسرار النجوم النيوترونية، ومحاولة تصور تركيبها، ويعتقد العلماء أن النجم النيوترونى مكون من طبقتين، أولاهما سطحية عمقها عدة أمتار تتكون من مادة فى صلابة المعدن، أما الطبقة الثانية – والتى يبلغ سمكها عدة كيلو مترات –

فدرجة كثافتها لا يمكن تصورها، وتظهر الدراسات الفلكية الحديثة، بأنها أشد صلابة من أى معدن معروف لنا بـ١٠[١٧] (أى رقم عشرة وبجانبه سبعة عشر صفرًا!) ويمكن النظر إلى النجم النيوترونى، كأنه نواة ضخمة للذرة. والفرق الوحيد بينهما أن النجم النيوترونى يتماسك بفعل الجاذبية الشديدة، أما الذرة فتتماسك بالقوة النووية، كما أن النجم النيوترونى قد اندمجت إلكتروناته مع بروتوناته، وأنتجت نيوترونات. ويعتقد علماء الفلك أن ذلك النجم الخافت الذى يتوسط سديم السرطان هو نجم نيوترونى، وقد تخلف عن الإنفجار الجبار (السوبر نوفا)، ذلك الانفجار الذى شاهده فلكيو الصين القدماء فى هذه المنطقة فى عام ١٠٥٤ ميلادية، ولكن الذى يحير علماء الفلك أكثر تلك النبضات الراديوية المنتظمة التى تنبعث من النجوم النيوترونية.

منارات فضائية

اكتشفت النجوم النابضة فى عام ١٩٦٧ بواسطة تلسكوب راديوى قوى وما وجد فى حقيقة الأمر كان عبارة

عن مساحة فى الكون مستمرة فى إرسال نبضات راديوية بانتظام دقيق، ثم تعاقب بعد ذلك الاكتشافات السريعة التى أوضحت أن معدل نبض هذه النجوم المختلفة متغير، على الرغم من أن المعدل ظل فى جميعها قصيرًا والانبعاث دقيقًا (حوالى ٠,٣ من الثانية) لقد كان توقيت النبضات منتظما إلى الحد الذى يمكن منه الاستدلال، عما إذا كانت الأرض أثناء دورانها فى مدارها متجهة نحو الشمس، أو مبتعدة عنها.

وكان أهم نجم نابض قد اكتشف فى نفس مكان النجم النيوترونى، فى وسط سديم السرطان الذى بقى كأثر للسوبرنوفا، والذى كان ينبض بمعدل ثلاثين مرة فى الثانية الواحدة! ومن هنا وجدت العلاقة بين النجم النيوترونى والنجم النابض واتضح أنهما شىء واحد.

وتنشأ نبضة النجم النيوترونى نتيجة لدورانه، فكل مرة يدور حول نفسه، تصدر منه نبضة فيلتقطها التلسكوب الراديوى فوق الأرض. ويمكن أن تشبه هذه الحالة، بما يفعله الفنار الذى يهدى السفن: فكلما صدر منه شعاع فى اتجاه معين يمكن رؤيته من هذا الاتجاه، ثم يتجه الشعاع إلى جهة أخرى

فلا يمكن رؤيته، ويعود مرة أخرى إلى الاتجاه الأول، وهكذا بسرعة منتظمة وفى أوقات محددة. لكن ما الذى يجعل النابض (أى النجم النيوترونى) ينبض؟ تقول نظرية فلكية حديثه، فى تفسيرها لسبب هذا النبض المنتظم من النجم النيوترونى، بأن النبض ينقل بواسطة موجة الضغط إلى الغلاف «الجوى» الغريب والكثيف جدًا الذى يحيط بالنجم النيوترونى النابض، والذى يرتبط معه المحور المغنطيسى وخطوط المجال المغنطيسى الهائل.

وتتحول موجة الضغط فى الغلاف «الجوى» إلى موجة اصطدامية، تعمل أثناء اندفاعها إلى الخارج على تعجيل الإلكترونات، إلى سرعات خيالية. هذه الإلكترونات سريعة الحركة تولّد أثناء اندفاعها خلال الغلاف «الجوى» العلوى المتأين Ionized (أى يحتوى على أيونات، وهى عبارة عن مجموعة متماسكة من الذرات لها شحنة موجبة أو سالبة) تلك الموجة الراديوية أو النبضات التى تصدر عن النجوم النيوترونية، وتلتقطها التلسكوبات الراديوية.

ولكن كيف تصدر إشعاعات جاما (إشعاعات كهرمغنطيسية عالية التردد «قصيرة الموجة») من النجوم النيوترونية النابضة؟ يمكن النظر إلى النجوم النيوترونية وكأنها مغنطيسات جبارة تدور بسرعة هائلة، حيث تتم تعجيل الجسيمات دون الذرية إلى طاقات مروّعة فى المناطق التى تسودها المجالات المغنطيسية الجبارة. وهذه الجسيمات دون الذرية هى المسئولة عن إصدار إشعاعات جاما، وهناك نحو ستمائة نجم نابض، تم رصدها حتى الآن فى مناطق مختلفة من أعماق الكون. كما فى المجموعة النجمية «الشراع»، ولكن سبعا فقط منها هى التى تصدر عنها إشعاعات جاما بشكل بالغ الكثافة. وهذه النجوم النابضة هى التى تتركز عليها الدراسات الفلكية لأنها فى مرحلة «الشباب»، كما أنها قريبة نسبيا ويمكن رصدها بسهولة بواسطة التلسكوبات المخصصة لرصد إشعاعات جاما.

أتضح أن المجال المغنطيسى للنجوم النيوترونية النابضة يزيد بمقدار تريليون مرة (مليون مليون)، عن المجال المغناطيسى لكوكب الأرض. وتنبض هذه النجوم بسبب الإلكترونات التى يتم تعجيلها بالقرب من القطبين المغنطيسيين، والتى لا تتوازى مع محور الدوران للنجم النيوترونى النابض.

وتنطلق الإلكترونات من النجم النيوترونى النابض إلى الخارج، حتى تصل إلى سرعة الضوء – ولكنها ماتزال تدور مع النجم – وهنا تتوقف الإلكترونات وتطلق بعضا من الطاقة التى اكتسبتها، فى شكل إشعاعات جاما واكس، وتأتى هذه الإشعاعات بنفس معدل دوران النجم النيوترونى النابض ومن ثم تبدو متكررة فى فترات منتظمة.

يأمل العلماء بأنه بتطوير أجهزة التقاط إشعاعات جاما، يمكن فى المستقبل التعرف بتفصيل أكثر عن هذه الأجسام الفضائية المثيرة.. النجوم النيوترونية النابضة.

الجسيم.. الشبح

فى كل ثانية، تخترق جسمك آلاف الملايين من الجسيمات دون الذرية، دون أن تلاحظ وجودها، ثم تتجه إلى باطن الأرض بسرعة الضوء التى تبلغ ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة. ويطلق على هذا الجسيم الدقيق «النيوترينو» Neutrino.

وينتج النيوترينو فى قلب الشمس، والنجوم الأخرى، بكميات هائلة نتيجة التفاعلات النووية الجبارة، فعندما يصطدم بروتونان ببعضهما البعض، وكل بروتون فى الواقع عبارة عن نواة ذرة هيدروجين منزوعًا منها إلكترونها الوحيد. وبإلتحام مثل هذين البروتونين تحدث أشياء كثيرة، إذ يكّونان معًا نواة النظير الثقيل للهيدروجين، أى الديوتيريم Deuterium، وكناتج جانبى للإصطدام ينشأ من فائض طاقة الحركة والشحنة، إنتاج شيئين آخرين: نيوترينو وبوزيترون Positron(الإلكترون المضاد الموجب الشحنة) ، ويسير هذا

فى الإطار الذى تتناقله كتب الفيزياء من أن كلا من الكتلة والطاقة، لا تفنى ولا تخلق من العدم.

علم الفلك.. النيوترينوى

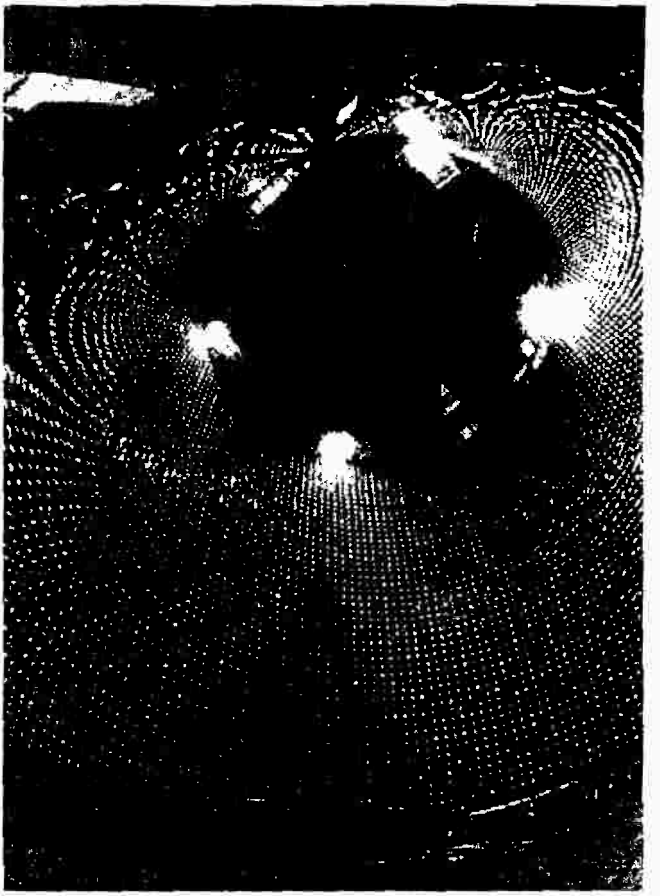
ظهر مؤخرًا ما يطلق عليه «علم الفلك النيوترينوى»، والذى يبحث فى محاولة كشف أسرار جسيمات «النيوترينو» ودراستها تمهيدًا للتعرف على بعض الظواهر الكونية التى تنشأ عنها هذه الجسيمات المراوغة.

أن النيوترينو الذى يمتلك إمكانيات عظيمة للنفوذ فى المادة، يمر خلال كل طبقة من المادة الشمسية، دون أى إعاقة ويصل إلى كوكب الأرض. ولو تمكن العلماء من التوصل إلى فهم طبيعة النيوترينو الشمسى، لتعرفوا بشكل دقيق عما يحدث فى مركز الشمس ومن ثم فى باقى نجوم الكون.

ووفقًا لنظرية التفاعلات الحرارية النووية، يمر خلال كل سنتيمتر مربع من سطح الأرض أكثر من خمسين ألف مليون نيوترينو شمسى فى الثانية الواحدة! ولو وضعنا فى طريق هذا

التيار النيوترينوى المتدفق، صهريجا فيه مادة تحتوى مادة يمكن أن يتفاعل معها النيوترينو – مثل «البركلور الإثيلينى» Ethylene Prochlor - وهو سائل يستعمل على نطاق واسع فى التنظيف الكيميائى للملابس. وتم وضع صهريج ضخم فى منجم مهجور بولاية داكوتا الجنوبية فى الولايات المتحدة، على عمق كبير وملء بهذا السائل الكيميائى.

وكان معروفًا أن جسيمات النيوترينو، إذا تفاعلت مع سائل «البركلور الاثيلينى» فإنه يتحول إلى مادة أخرى هى «الأرجون» Argon ، وهى ذات نشاط إشعاعى يمكن قياسه بواسطة أجهزة القياس الحساسة، والتى وضعت داخل الصهريج. ولكن لم تثبت مثل هذه التجارب نجاحًا كبيرًا فى التعرف بدقة على هذا الجسيم اللغز، والذى يطلق عليه «الجسيم الشبح» نظرًا لطبيعته الغريبة وغير المرئية. ومن أحدث هذه «التلسكوبات النيوترينوية» ذلك الذى أقيم تحت أحد جبال اليابان وأطلق عليه «كميو كاند الفائق».



ويجرى العلماء فى الوقت الحاضر تجارب على النيوترينو. للتعرف عما إذا كان لهذا الجسيم دون الذرى.. كتلة. فقد ساد الاعتقاد طويلاً بأن النيوترينو ليس له شحنة أو كتلة، ولكن هناك دلائل لم تتأكد بعد أن للنيوترينو كتلة ضئيلة للغاية، ومعنى هذا أن يعيد علماء الفيزياء صياغة نظرياتهم، وفقًا لهذا الاكتشاف المثير الجديد. ولكن ما أهمية الوصول إلى معرفة عما إذا كان لجسيم النيوترينو كتلة أم لا؟ الواقع أن هذا يؤثر على النظريات التى تشرح طبيعة الكون. إذ أنه من المعروف أن الكون فى حالة تمدد وأن معظم المجرات – جزر الكون الكبرى – تتباعد عن بعضها البعض. ويتساءل العلماء دائمًا: إلى متى يستمر هذا التمدد؟

إذا كانت النيوترينوات – التى تملأ الكون – بلا كتلة، فإن هذا التمدد سوف يستمر غالبًا إلى الأبد، أما إذا كان لهذه الجسيمات كتلة، معنى ذلك أنه سيأتى الوقت، الذى يتوقف

فيه تمدد الكون ليحدث إنكماش أعظم Big Crunsh لينتهى به الكون، الذى بدأ بالانفجار الأعظم Big Bang.

وكذلك إذا كانت لجسيمات النيوترينو كتلة، فربما هذا يؤدى إلى قياس كتلة المادة المظلمة Dark Matter – التى تكوّن أكثر من ٩٠٪ من مادة الكون – والتى يعتقد بعض العلماء بأنها مكوّنة من النيوترينوات.

الأشعة الكونية.. والنيوترينو

وهناك ثلاثة أنواع لجسيم النيوترينو، يطلق عليها «نكهات» Flavors ، وهى: نيوترينو الإلكترون ونيوترينو الميون ونيوترينو التاو (وجسيمات «الميون» و«التاو» يمكن اعتبارها إلكترونات ثقيلة).

وعندما تصطدم الأشعة الكونية – وهى إشعاعات قوية من أعماق الكون – بالغلاف الجوى لكوكب الأرض، فإنه ينتج عن هذا نيوترينوات ذات طاقة عالية، ولكن الصخور

فى باطن الأرض والتى يبلغ سمكها نحو ١٢٨٠٠ كيلو متر، لا تمثل عائقًا أمام هذه الجسيمات العجيبة. ويعتقد عدد من العلماء أن النيوترينو تتغير طبيعته، فقد يتحوّل النيوترينو ميون إلى النيوترينو تاو أو إلى أى نوع آخر لم يُكتشف بعد.

وتقول نظرية «ميكانيكا الكم» «Quantum Mechanics» أنه إذا حدث هذا التحول بين أنواع النيوترينو، فمعنى ذلك – بالنسبة لنوع واحد على الأقل – أن له كتلة ما. ومؤخرًا، أثبتت بعض التجارب فى «التلسكوب النيوترينوى» بالمختبر «كميو كاند الفائق» فى اليابان، حدوث مثل هذه التحولات بين أنواع النيوترينو.

ولكن لم يمكن التوصل حتى الآن، إلى مقدار كتلة النيوترينو، ولكن الذى أمكن معرفته هو الاختلاف فى الكتلة بين نيوترينوميون والنيوترينو الذى تحوّل إليه.

وربما يكون أن أنواع النيوترينو له كتلة تبلغ نحو واحد من خمسة ملايين من كتلة الإلكترون، بينما تكون الأنواع الأخرى بلا كتلة!

وحتى فى هذه الحالة فإن وزن النيوترينوات سوف يكوّن نحو عشرة بالمئة من وزن الكون المرئى. ولكن معظم الفيزيائيين يعتقدون فى الوقت الحاضر، بأن كل أنواع جسيمات النيوترينو، لها كتلة ولكنها ضئيلة جدًا.

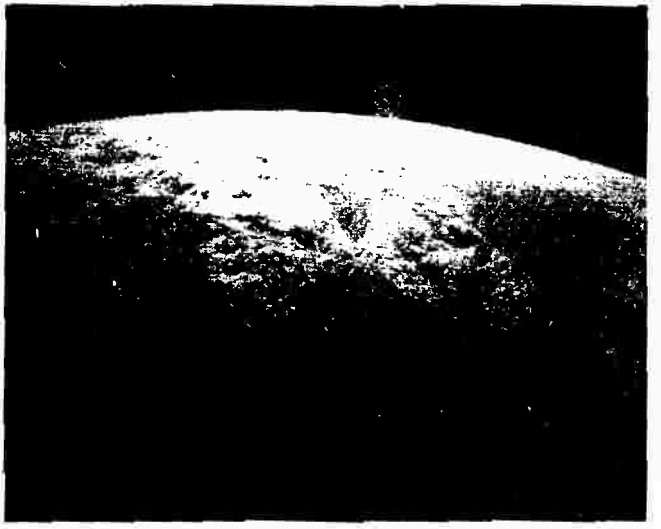
وإذا كان العلماء يتوصلون إلى صياغة معادلاتهم الرياضية، بسهولة أكبر، لو كانت النيوترينوات بلا كتلة، فإن وجود كتلة لها – ولو كانت بالغة الضآلة – سوف تجعل الكون أكبر وزنًا، إذ سوف تمثل جسيمات النيوترينو ثقلاً يزيد عن كل المادة الموجودة فى الكون. ومعنى هذا، على علماء الفيزياء أن يعيدوا حساباتهم ومعادلاتهم الرياضية – وربما بهذا يقتربون من التوصل إلى «نظرية كل شىء» - ولا شك أن هذا سوف يكون فى بؤرة الاهتمام العلمى فى القرن الحادى والعشرين.

كوكب الأرض.. سفينة فضاء

كوكب الأرض هو دنيانا التى نعيش فيها، وهو كوكب صغير إلا أنه غير عادى، ويوجد - مع المجموعة الشمسية - فى مجرة «الطريق اللبنى» Milky way حيث تقل كثافة النجوم نسبيًا على بعد ثلثى المسافة من مركز مجرتنا، كما أنه الكوكب الثالث بعدًا من الشمس بعد كوكبى عطارد والزهرة، ويبلغ قطر كوكب الأرض حوالى ١٢٦٠٠ كيلو متر.

ونحن فوق الأرض، أشبه ما نكون بركاب سفينة فضاء سقفها الغلاف الجوى الذى تتعدد وظائفه وخدماته. وجو دنيانا مكيف بحيث ترسل السفينة وسقفها إلى الفضاء، نفس الطاقة التى تكتسبها من الشمس، فتظل محتفظة بنفس معدلات درجات الحرارة على مر السنين، وهذا هو السبب فى استمرار الحياة فوق سطحها. ولكن سفينة الفضاء هذه إنما تخدعنا، لأنها تبدو وكأنها تقف ثابتة فى الفضاء، بينما يدور الكون بأسره من حولها، أما حقيقة الأمر، فهو أن أرضنا تلف

وتتمايل وتهتز وتسبح فى الفضاء بسرعة تبلغ ثلاثين كيلو مترا فى الثانية، فى طريقها حول الشمس ثم مع الشمس حول مركز مجرتنا، ثم مع المجرة التى تتحرك بدورها مع البلايين من المجرات، التى يتكون من مجموعها.. الكون.



ويسحب كوكب الأرض فى رحلته الكونية، ما يحيط به من أغلفة مرئية (مثل المحيطين اليابس والمائى) أو غير مرئية (مثل المحيط الهوائى أى الغلاف الجوى)، كوحدة لا تتجزأ.

والغلاف الجوى طبقة فسيحة الأرجاء من الغازات يحيط بالكرة الأرضية تمامًا، وهو دائم الحركة يكوّن وحدة لا انفصال فيها. ويؤثر فى جميع أرجاء كوكب الأرض، فمراكز العواصف وأماكن الاستقرار الجوى والتيارات المختلفة، وكتل الهواء الباردة والساخنة، لا تعترف بالحدود بين الدول.

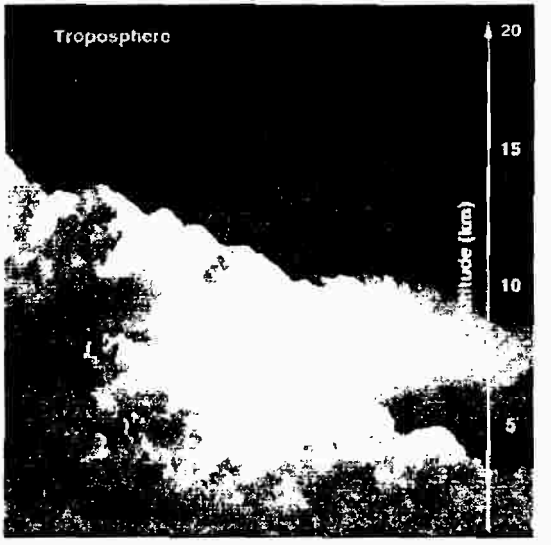
ولكن مم يتكون الغلاف الجوى؟

تسألنى فأجيبك. يقسم العلماء جو الأرض إلى خمس طبقات بعضها فوق بعض:

- طبقة التروبوسفير Troposphere .
- طبقة الستراتوسفير Stratosphere .
- طبقة الأوزونوسفير Ozonosphere .
- طبقة الأيونوسفير Ionosphere .
- طبقة الإكسوسفير Exosphere .

التروبوسفير (المحيط المتغيّر)

هى الطبقة التى نعيش فى جزئها الأسفل الملاصق لسطح الأرض، ويبلغ ارتفاع هذه الطبقة فى المتوسط نحو ١٢ كيلو مترا فوق سطح البحر، وهى طبقة عدم الاستقرار وموطن التقلبات الجوية، حيث تنشأ السحب وتتولد العواصف المختلفة.

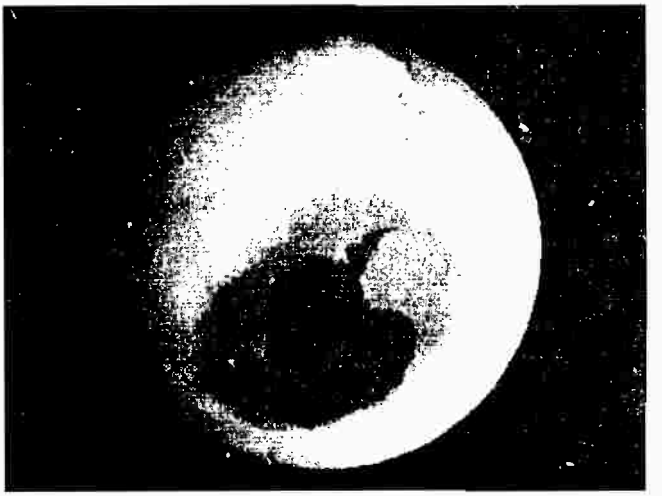


الستراتوسفير (المحيط ذو الطبقات)

يبلغ سمكها حوالى ٣٠ كيلو مترا، وهى طبقة من الهواء الرقيق وتعلو طبقة التروبوسفير، وتجتاحها الرياح العاتية. إذ ينساب فى قاعدتها نهران من التيارات الهوائية، يجريان حول معظم الكرة الأرضية، ويعرفان باسم «تيارات الرياح المتدفقة» Jet-Streams.

الأوزونوسفير (منطقة تجمع الأوزون)

يتحول فى هذه الطبقة، جزء من غاز الأكسوجين إلى غاز الأوزون (غاز أزرق ذو رائحة حادة) بفعل الأشعة فوق البنفسجية القوية التى تصدرها الشمس، وتؤثر فى هذا الجزء من الغلاف الجوى، نظرًا لعدم وجود طبقات سميكة من الهواء فوقه لوقايته.



ولهذه الطبقة أهمية حيوية بالنسبة لنا، ذلك أنها تحول دون وصول الموجات فوق البنفسجية القوية بتركيز كبير إلينا، حيث إن الكميات التى تنفذ من ثقوب طبقة الأوزون بسيطة نسبيًا. إذ لو أدركتنا هذه الأشعة فوق البنفسجية (أشعة كهرمغنطيسية غير مرئية، تمتاز بقدرتها العالية على تأين الغازات)، لتأثرت الحياة فوق سطح الكرة الأرضية.

الأيونوسفير (الطبقة المتاينة)

تتميز بأرجائها الغامضة العجيبة، ومناطقها النائية الشبيهة بالفراغ (إذ لا يوجد ما يطلق عليه «فراغا» Vacuum فى الكون كله). بل هى مناطق تنشأ فيها نوع غريب من الجسيمات تسمى «الجسيمات الافتراضية» Virtual Particles تولد وتموت فى أجزاء بالغة الضآلة من الثانية الواحدة.

وتتعرض طبقة الأيونوسفير تمامًا لأشعة الشمس، خاصة الأشعة فوق البنفسجية، التى تعمل على تحطيم ذرات غاز الأكسوجين والنيتروجين بها، فتفقدها أحد إلكتروناتها فتصبح متأينة Ionized أى مشحونة كهربائيًا. والمعروف أن الذرة متعادلة كهربائيًا فى الحالة العادية.

ومن خصائص هذه الطبقة، أنها تمتص وتعكس الموجات اللاسلكية، فيما يسمى الحزام الأيونى. وارتفاع الحزام الأيونى دائب التغير من فصل إلى آخر، بل من يوم لآخر وربما يتغير ارتفاعه عدة مرات فى اليوم الواحد.

وتظهر فى طبقة الأيونوسفير ظاهرة طبيعية غريبة فعندما تنطلق من الشمس جسيمات مشحونة وبخاصة عند ظهور البقع الشمسية sunspots والتأججات الشمسية Flares، تسرع باتجاه كوكب الأرض، وتصطدم هذه الجسيمات المشحونة كهربيًا بالغازات التى توجد فى هذه الطبقة - لأنها أول طبقة متأينة تقابلها - فتتوهج وينشأ عن ذلك مشهد، يختلف فى شكله من قوس إلى ستارة إلى نافورة تخرج وهجًا من الضوء الأبيض فى العادة، ولكن قد يصدر عنها أحيانًا أضواء ذات ألوان خضراء وصفراء وحمراء وبنفسجية، ويطلق على هذه الظاهرة الشفق القطبى Aurora Borealis .

الإكسوسفير «الطبقة الخارجية»

تمتد هذه الطبقة الخامسة والأخيرة من طبقات الغلاف الجوى إلى ارتفاع قد يصل إلى ١٣٠٠ كيلو متر، ويحتمل أن

يوجد بها بعض ذرات متفرقة من الأكسوجين والنيتروجين، ويزداد التفرق بين هذه الذرات كلما اتجهنا إلى حد يصبح التلاقى بينهما منعدمًا تقريبًا.

أضف لمعلوماتك

● توجد الأشعة الكونية Cosmic Rays الفتّاكة وأشعة أكس وكذلك الشهب التى تبدأ بالاحتراق فى الأقسام السفلى من الأيونوسفير، وكل ذلك خطر على حياة الإنسان وكذلك للمركبات الفضائية.

● الطبقات المشحونة كهربائيًا، هى عبارة عن مرايا عاكسة، تنعكس عليها الموجات الراديوية الصادرة من محطات الإذاعة لترتد ثانية إلى الأرض.

● تحتوى طبقة التروبوسفير على أكثر من ٧٥٪ من غازات الغلاف الجوى بأسره، كما أنها تعد بمثابة قاع للمحيط الهوائى، وأشده كثافة.

.. عندما تغنى البراكين!

تتشابه الأفيال والحيتان.. والبراكين، فى أنها تصدر أصواتًا منخفضة التردد Low-Frequency Sounds تحمل فى طياتها رسالة ما. ومن بين حوالى ١٥٠٠ بركان نشط على كوكب الأرض نجد أن ما بين ٥٠ إلى ٧٠ منها يثور فى وقت من الأوقات وعلى مستوى العالم يعيش حوالى ٥٠٠ مليون شخص فى مناطق البراكين بالدمار ويعمل خبراء البراكين على مساعدة هؤلاء البشر لكى لا يلاقوا مصير سكان مدينتى «أرميرو» الكولومبية و«سانت بيير» بجزيرة «مارتينيك» فى البحر الكاريبى اللتين دمرتا ببركانين ثائرين.

زلازل.. وموجات تحت سمعية

يدرس الباحثون الموجات تحت السمعية Infrasonic (موجات دون مدى السمع) التى تصدر عن البراكين بغية التوصل إلى فهم أفضل لكيفية ثورانها ومن ثم التنبؤ بطريقة

دقيقة إلى حد ما بهذه الثورات. وبخلاف الزلازل التى تعطى علامات تحذير أقل قبل حدوثها، فإن البراكين ترسل إشارات صوتية، أو إذا شئت «أغانى»، يمكنها أن تحذر أى شخص يصغى إليها بقرب حدوث الانفجار البركانى.

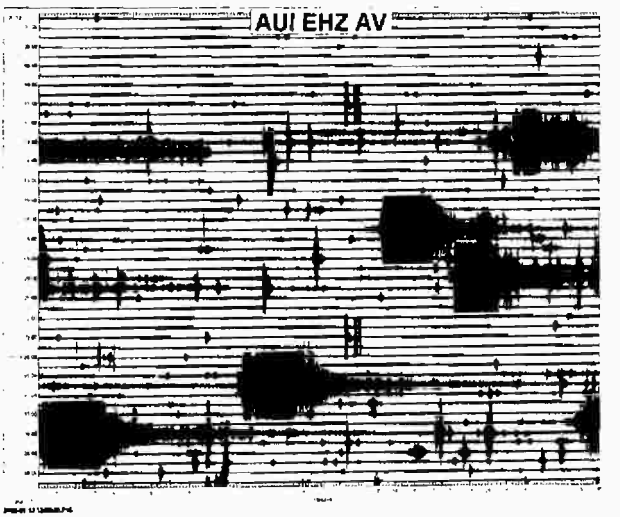
وهذه الموجات الصوتية منخفضة الترددات مصدر غير مستغل لمراقبة البراكين، ومن ثم يقدم الباحثون تقاريرهم التى تنشر فى المجلات العلمية المحكّمة، لنشر الوعى بهذا المصدر بين الناس. والحقيقة أن أجهزة المراقبة هذه رخيصة التكاليف نسبيًا فى تركيبها، ولذلك بدأ المسئولون يلتفتون إلى هذا العلم الجديد والمستقبلى. وقد تمكّن خبراء البراكين أخيرًا من تركيب سماعات دائمة مكّبرة للصوت تلتقط الموجات تحت السمعية عند بركان «دى كوليما» De Colima ، الذى يعتقد بأنه أكثر براكين وسط المكسيك التسعة نشاطًا وتدميرًا.

ومثلما تنتقل الموجات الزلزالية فى طبقات الأرض، فإن الموجات الصوتية تحت السمعية تنتقل فى الهواء عندما يضطرب الجو. وطبقا للتعريف فإن الصوت تحت السمعى ذو ترددات منخفضة للغاية (أقل من ٢٠ هرتز «وحدة تردد تساوى دورة واحدة لكل ثانية») لدرجة أن أذن الإنسان لا تستطيع سماعها. ويمكن للأفيال والحيتان إرسال واستقبال الأصوات تحت السمعية، وكذلك الاتصال ببعضها البعض

بتلك الأصوات عبر مسافات شاسعة. كما أن الانفجارات النووية تنتج أصواتا تحت سمعية، وهذا هو السبب فى أن القوى العالمية العظمى تتنصت عليها لمراقبة الخطر المفروض على إجراء التجارب النووية. وكذلك هناك مصادر أخرى للأصوات تحت السمعية مثل الانهيارات الجليدية وسقوط النيازك والبرق والشلالات.

التاليف الموسيقى.. البركانى

وقد أمكن فى الوقت الحاضر تحويل «الدمدمات» Rumblings منخفضة التردد الصادرة من البراكين، إلى ألحان ومقطوعات موسيقية رقيقة، فى محاولة للتنبؤ بوقت الثوران البركانى. فقد نجح باحثون من إيطاليا فى تأليف لحن موسيقى (كونشرتو) Concerto، من التحركات الحادثة فى باطن الأرض بجبل «إتنا» Etna بجزيرة صقلية، ثم قاموا بوضع قطعة موسيقية أخرى من بركان «تونجوبراهو» فى الأكوادور (أمريكا الجنوبية) الذى ثار مؤخرًا.



ومن خلال الربط بين النغمات الموسيقية والمراحل الدقيقة للنشاط البركانى - لكل البراكين - يأمل هذا الفريق العلمى، من معرفة تلك النغمات التى تؤذن بقرب حدوث الثوران البركانى. فإذا أمكن تحديد الأنماط الموسيقية التى تحذر من حدوث الثوران، بات من السهل اتخاذ التدابير

الوقائية المدنية اللازمة قبل حدوث الكارثة بعدة أيام أو ساعات. وهكذا تضيف طريقة الموسيقى المعروفة باسم «تصويت البيانات» Data Sonification أداة حديثة وفاعلة إلى صندوق أدوات خبير البراكين، وتعمل طريقة تصويت البيانات على تحويل البيانات المعقدة إلى أصوات مسموعة.

ويعتمد برنامج تصويت البيانات الذى استخدم فى بركان «إتنا» على تحويل الموجات الزلزالية، غير المسموعة للإنسان التى تنتقل خلال طبقات الأرض، إلى موسيقى. كما استمع الباحثون فى «هاواى» إلى المؤشرات الصوتية الصادرة من أحد البراكين هناك، قبل ثورانه باستخدام صوت منخفض التردد لا تسمعه أذن الإنسان، ولكن تسجله الأجهزة الدقيقة.

ولإنشاء موسيقى البركان يستخدم الفريق رسمًا بيانيًا للهزات الأرضية، وهو عبارة عن تسجيل لتوقيت حدوثها وشدة الموجات الزلزالية، لتتبع أقصاها (قممها) Peaks وأدناها (قيعاناها) Troughs على فواصل موسيقية فارغة، ثم

يغطون الأشكال بنغمات موسيقية. وبعد ذلك يمكن لجهاز التلحين الإلكترونى الرقمى Digital Synthesiser عزف تلك الألحان أو المقطوعات الموسيقية.

ويشبه ذلك عزف أى موسيقى على البيانو، ولا يمكن للمرء أن يتصور أن الذى يعزف تلك الموسيقى بركان! ولكى يبحث الفريق العلمى عن أى مؤشرات تحذيرية، فإنهم يستخدمون برنامجا لتمييز النماذج الموسيقية. وبسبب وجود كمية هائلة من المعلومات المطلوب استيعابها، يقوم الفريق بتوزيع البيانات على شبكة معلومات أو كمبيوترات مترابطة Grid Network. وتستخدم شبكة الكمبيوترات المترابطة أسلوب توزيع بيانات مشكلة واحدة على مئات الكمبيوترات، بهدف التوصل إلى حل لها. ومن خلال دمج قدرة معالجة كل تلك الكمبيوترات - وفى كيان واحد - يمكن اختصار الوقت اللازم للوصول إلى نتيجة نهائية وحاسمة ومن الممكن إرسال البيانات إلى الدول التى تعانى من الثورات البركانية فى كل أنحاء العالم ثم تجميع كل النتائج فى كيان واحد، وعلى ذلك فيمكن الاستفادة من قدرة الكمبيوترات الموجودة فى كل مكان. وعلى الرغم من أن البراكين تختلف تمامًا عن بعضها البعض إلا أن هذا الفريق

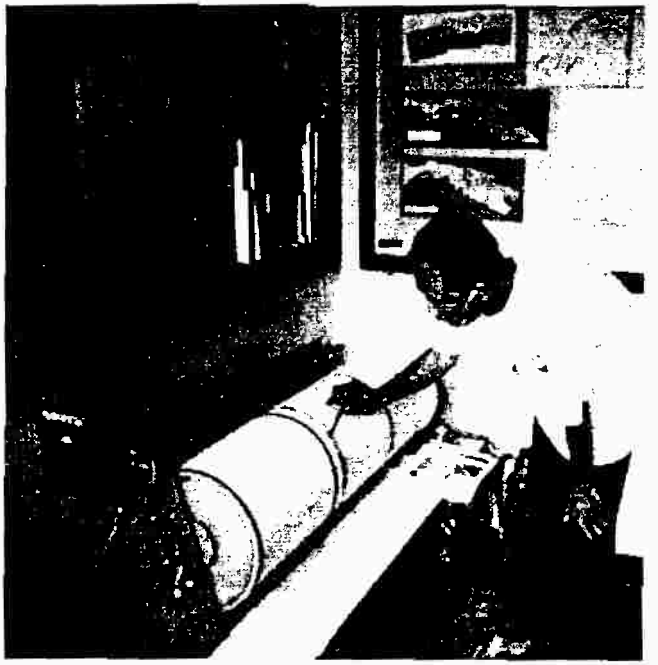
العلمى يعتقد، من خلال هذه المنطلق الموسيقى الذى ابتكره، أنه بمقدوره التوصل إلى بعض الجوانب المتماثلة بين البراكين جميعًا.

وعمومًا يأمل العلماء فى أن يؤدى استخدام كمبيوترات هائلة القدرة إلى تحويل قراءات الزلازل، إلى دمدمات أو هدير أو طنين أو نغمات موسيقية، مثل تلك التى تصدر من البيانو، مما يساعد الناس على اكتشاف أنماط معقدة من الأحداث. وقد توصلت الأبحاث إلى أنه أسهل على الناس التعرف على الأحداث سمعيا، أفضل من بصريا خاصة باستخدام مكبرات صوت.

فبينما يسهل تشويش وإرباك العين بسرعة بأى أنماط بصرية من بيانات معقدة، فإن الأذن ممتازة فى فرز وتصنيف أنماط البيانات من وسط ضوضاء عشوائية. فأذن الإنسان أكثر حساسية بكثير من عينه، بمعنى أن الإنسان يمكنه إدراك أو اكتشاف أشياء لا يستطيع إدراكها بأى حاسة أخرى لديه.

وعند ضم تسجيلات الموسيقى البركانية تحت السمعية إلى التسجيلات الزلزالية، تمكن خبراء البراكين من مراقبة ورصد تردد وشدة وطبيعة الثورات البركانية وهذه المعلومات

بالغة الأهمية للتنبؤ بالكوارث البركانية التى تهدد حياة البشر أو الرماد البركانى المتصاعد، الذى يمثل تلوثًا خطيرًا للبيئة. وعمومًا فهناك الكثير من المعلومات الغنية فى تلك الموسيقى البركانية.



الليزر.. أشعة الغد

الليزر.. أشعة عجيبة تتألق فى الأفق العلمى للتكنولوجيا الحديثة.. والمستقبلية.. إنها أشعة الموت والحياة.. فلها قوة تدميرية مروعة للأهداف المعادية فى الفضاء.. كما أن لها القدرة على الإشفاء من السرطان.

ما هو الليزر؟

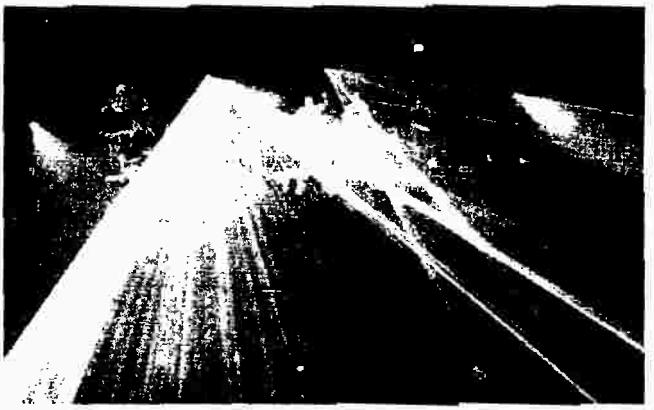
شهد صيف عام ١٩٦٠ أول عرض لمصدر جديد للضوء ذى خصائص فريدة، منها أنه مركز جدًا، ومن ثم فطاقته مروعة، إلى حد أنه يتمكن من إطلاق طاقة تعادل طاقة الشمس. ومن ناحية أخرى يمكن التحكم فى قوة هذا الضوء الجديد، حتى أن الجراحين يستخدمونه فى إجراء العمليات الجراحية الدقيقة فى العين البشرية.

كما يمكن لأشعة هذا الضوء العجيب أن تحدث ثقوبا فى ألواح الصلب السميكة، وكذلك إشعال الكربون، ولأنها تمر فى حزم متوازية ضيقة فيمكن إرسالها من كوكب الأرض إلى

القمر، أى حوالى ٤٠٠,٠٠٠ كيلو متر، فلا تضىء إلا مساحة يبلغ قطرها حوالى ثلاثة كيلو متر فقط.

وتتميز هذه الأشعة بأنها نقية جدًا ذلك أن كل الضوء الذى بها له نفس الطول الموجى، وهى أيضًا متماسكة أى أن كل الموجات الضوئية بها متماثلة تمامًا، وهذه الخواص لها استخدامات عديدة فى الحياة العملية.

وأطلق العلماء على هذه الأشعة الفريدة «الليزر Laser» وهذه الكلمة مكونة من الحروف الأولى من عبارة Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation أى «تضخيم الضوء بواسطة القذف المثار للإشعاع». وتعتبر أشعة الليزر من أهم المنجزات التى تحققت فى العصر الحديث، إذ أنها أصبحت تستخدم بكفاءة عالية فى مجالات مختلفة، وخصوصًا فى الصناعة والفضاء والطب والحرب، والاتصالات والمعلومات وفن التصوير المجسم (الهولوجرافيا). ولتوضيح طبيعة أشعة الليزر، يجب أن نتعرف على بعض المفاهيم الأساسية والمصطلحات المستخدمة.



الذرّة

تتكوّن المواد – بأشكالها الصلبة والسائلة والغازية – من مجموعة منتظمة من الذرات، التى هى أصغر جزء من المادة. وتتكون الذرة من نواة مركزية تتضمن بروتونات «ذات شحنات كهربية موجبة» ونيوترونات «ذات شحنات متعادلة». كما أن هناك «كواركات» داخل البروتونات والنيوترونات وحول نواة الذرة هناك إلكترونات «ذات شحنات كهربائية سالبة» تدور فى مدارات مختلفة البعد عن النواة. وتأخذ المادة الشكل الصلب عندما تكون الذرات متقاربة جدًا، أما فى الشكل السائل فيكون لدى الذرات بعض الحرية فى الحركة، وتتباعد الذرات جدًا عن بعضها فى الشكل الغازى.

تنتج الأشعة الكهرمغنطيسية، من تفاعل الذرات المختلفة مع مجالات مغناطيسية وكهربية فى الفضاء، وهى تشمل موجات الراديو والأشعة تحت الحمراء، والأشعة المرئية والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية «أشعة اكس» وأشعة جاما والأشعة الكونية.

إن الضوء العادى هو شكل من أشكال الطاقة وجزء من الأشعة الكهرمغنطيسية، ويطلق على أصغر وحدات الضوء «الفوتون» وكل منها يحتوى على نبضة طاقة، وتختلف كمية الطاقة حسب طبيعة الفوتون، ويسير الضوء بسرعة تبلغ حوالى ٣٠٠,٠٠٠ كيلو متر فى الثانية الواحدة.

الضوء العادى.. والليزر

يتكون الضوء العادى من موجات ضوئية مختلفة الطول والتردد واللون، وهى مختلطة ببعضها دون انتظام. ويمكن أن نتبين هذا إذا قمنا بإمرار الضوء العادى «ضوء الشمس مثلاً» خلال منشور زجاجى، فنجد أنه يتحلل إلى ألوان عديدة نطلق عليها ألوان الطيف، وتتكون من الأحمر والبرتقالى والأصفر والأخضر والأزرق والنيلى والبنفسجى، وكل لون له طول موجى معين، وطول هذه الموجة الضوئية هو الذى يحدد لونها.

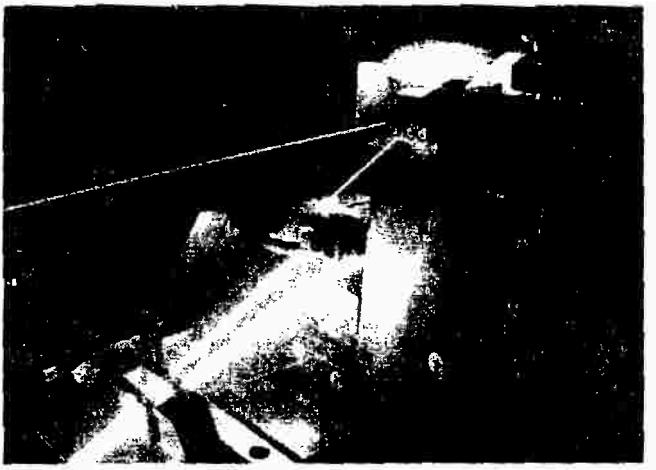
ويطلق على أعلى جزء من موجة الضوء «قمة الموجة» أما

أدنى جزء فيطلق عليه «قرار الموجة». وطول الموجة هو المسافة بين قمتين متتاليتين. أما تردد الضوء فيقصد به عدد الموجات التى تمر فى نقطة معينة فى الثانية الواحدة. وبمقارنة الضوء العادى بأشعة الليزر يتضح لنا ما يلى:

١- أشعة الليزر ذات اتجاه واحد ثابت، وهى تختلف عن الضوء العادى الذى ينتشر فى جميع الاتجاهات، ومن ثم فأشعة الليزر تركز الطاقة عند نقطة محددة تمامًا.

٢- أشعة الليزر متماسكة، أى أن جميع الطاقة المنبعثة لها نفس طول الموجة وترددها، أما الضوء العادى فهو يحتوى على العديد من الموجات المتباينة الطول والتردد.

٣- أشعة الليزر ذات لون واحد نقى «أو على الأرجح هى حزمة ضيقة جدًا من الأشعة»، بينما يتكوّن الضوء العادى من العديد من ألوان كثيرة مختلطة «ألوان الطيف».



كيف يعمل الليزر؟

يتكون جهاز الليزر من ثلاثة أجزاء رئيسية: مادة يطلق عليها «الوسط الفعال» التى تنتج أشعة الليزر، ومصدر للطاقة لاثار ذرات الوسط الفعّال، ووحدة يطلق عليها «وحدة تضخيم الضوء» وهى غالبًا فى شكل مرآتين إحداهما عاكسة تمامًا؛ والأخرى شبه عاكسة «نصف شفافة».

وقد يكون الوسط الفعّال فى أجهزة الليزر مادة صلبة «مثل الياقوت الصناعى» أو مادة سائلة «مثل مادة النيوديوم المذابة فى أكسيد كلوريد الصوديوم» أو مادة غازية «مثل الهيليوم وثانى أكسيد الكربون».

وهذا الوسط الفعّال من خواصه أنه يقذف بضوء شديد التركيز والتماسك، إذا وجهت إليه طاقة مثل التيار الكهربائى أو الإشعاع الضوئى، ذلك أنه تبعًا للنظرية الكميّة فإن الذرّة – عند إثارتها بمصدر للطاقة – تصبح قادرة على امتصاص هذه الطاقة، ويؤدى هذا إلى انتقال إلكتروناتها من مدارها

الطبيعى إلى مستوى أعلى. ولكن سرعان ما تعود إلى مستواها الطبيعى مرة أخرى، متخلية عن الطاقة التى امتصتها من قبل، فى شكل فوتون ضوئى بنفس الطول الموجى، ولكن بشد أكبر بكثير، بحيث أن كل فوتون وارد يسبب انفلات فوتون.

وبتطبيق مبادئ النظرية الكميّة أمكن التفكير فى اختراع جهاز الليزر، وهنا يثار سؤال: كيف يعمل جهاز الليزر باستخدام النظرية الكميّة؟ حتى يمكن الإجابة على هذا السؤال، نقوم بشرح لكيفية عمل أول جهاز لليزر، والذى كان يطلق عليه «جهاز ليزر الياقوت». كان يتكون من أنبوبة ضوئية لولبية، تلتف حول قضيب سميك من الياقوت الصناعى أسطوانى الشكل - وهو نوع من أكسيد الألمنيوم - مع كمية من الكروم مذابة فيه» وعلى طرفى أسطوانة الياقوت الصناعى مرآتين، إحداهما عاكسة تمامًا والأخرى شبه عاكسة، تعكس حوالى ٩٥٪ من الضوء الساقط عليها.

وتستخدم الأنبوبة الضوئية اللولبية فى إصدار ضوء شديد الكثافة، يقوم بامتصاصه قضيب الياقوت الصناعى فى زمن قصير جدًا – حوالى عدة أجزاء من ألف من الثانية الواحدة – ثم يعيد إطلاقه بشدة أكبر وبشكل مواز لمحوره، وينعكس عند اصطدامه بالمرآتين عند طرفى القضيب، ومن ثم فهو يمر عدة مرات خلال قضيب الياقوت الصناعى، وهذا ينتج عنه تضخيم لأشعة هذا الضوء، ذلك أنها تكتسب طاقة أكبر من قضيبى الياقوت الصناعى، بمرورها عليه عدة مرات جيئة وذهابا. وتزداد هذه الأشعة إلى الحد الذى يسمح لها بالانطلاق عبر المرآة شبه العاكسة. وهكذا تصدر أشعة الليزر، بخواصها الفريدة بأى لون من ألوان الطيف، وقد تصدر فى شكل أشعة غير مرئية «الأشعة تحت الحمراء مثلاً».

أنواع الليزر

هناك العديد من أشعة الليزر تنتج عن أجهزة متباينة الأشكال، والتى تستخدم فى أغراض مختلفة. ويمكن أن

نصنفها تبعًا للوسط الفعال الذى يوضع بالجهاز «مواد صلبة – سائلة – غازية»، ذلك أن الوسط الفعال هو الذى يحدد طول موجة أشعة الليزر، لأن طول الموجة ينتج عن التغير فى مستويات الطاقة بهذه المواد.

ومن أهم أنواع الليزر:

● ليزر الغاز: يتألف هذا النوع من الليزر من أنبوب زجاجى، يحتوى على مزيج من غازى الهيليوم (٩٠٪) والنيون (١٠٪) ويتصل بقطبين كهربيين لإمرار التيار الكهربائى، وفى طرفى الأنبوب مرآتان أحدهما عاكسة تمامًا، والأخرى شبه عاكسة «نصف شفافة».

ويعمل ليزر الغاز عندما تثار ذرات الهيليوم أولاً بالتيار الكهربائى، فتنتقل طاقتها إلى ذرات النيون التى تصدر أشعة الليزر من خلال المرآة نصف الشفافة. وتعتبر أشعة الليزر الصادرة من أجهزة الليزر الغازى أفضل بكثير من تلك التى تصدر عن الأجهزة التى تستخدم المواد الصلبة أو السائلة،

وذلك لشدة تماسك ضوئها، سواء فوق الأرض أو فى الفضاء، وأيضًا لمداها الكبير وطاقتها العالية.

وتستخدم أشعة الليزر الغازى فى البحوث العلمية مثل تلك التى تُجرى فى الفضاء، كذلك فى إرسال الأحاديث والموسيقى على صور التلفاز (التليفزيون). ومن أجهزة ليزر الغاز أيضًا تلك الأجهزة التى تعمل بواسطة غاز ثانى أكسيد الكربون، ويصدر عنها أشعة ليزر غير مرئية «أشعة تحت الحمراء» وتعتبر ذات قوة عالية وتستخدم فى الأغراض الصناعية.

● ليزر السوائل: يتكون الوسط الفعال فى هذا النوع من أجهزة الليزر، من سائل خاص، يُحضّر من إذابة مادة النيوديوم بأكسيد كلوريد الصوديوم. ويتميز ليزر السوائل بسهولة تحضيره فى المختبرات، كما أن المواد المستخدمة فيه اقتصادية لدرجة كبيرة، بالمقارنة بأجهزة الليزر الأخرى، بالإضافة إلى إمكانية تغيير السائل المستخدم بسهولة، للحصول على أشعة ليزر ذات موجات ومواصفات جديدة دون تغيير جهاز الليزر.

● ليزر المواد الصلبة: يصنع جهاز ليزر المواد الصلبة من أشباه الموصلات، مثل الترانزستور، وهى ببساطة وحدات دقيقة تسمح بمرور التيار الكهربائى فى اتجاه واحد فقط، وتمنعه من المرور فى الاتجاه المعاكس.

ويمكن استخدام هذا النوع من أجهزة الليزر فى الأقمار الصناعية، أو نقل المعلومات فى الحاسوب «الكمبيوتر»، وحتى كمصدر ضوء يمكن توجيهه إلى الأجهزة الأخرى من الليزر لتشغيلها، وتنتج أجهزة ليزر المواد الصلبة أشعة بأطوال موجات مختلفة، تتراوح من الأشعة فوق البنفسجية إلى الأشعة الحمراء.